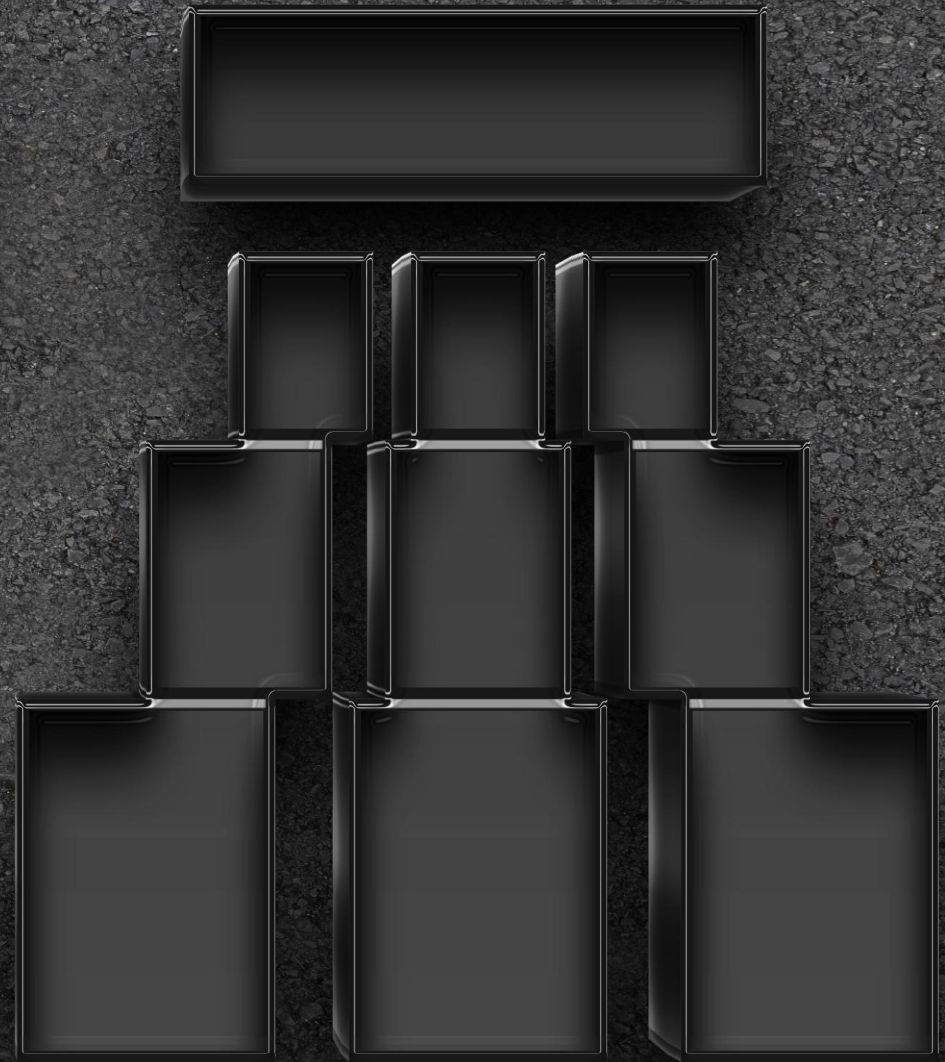




XIII Congreso Mexicano del Asfalto. 20, 21y 22 de agosto de 2025, Cancún, Quintana Roo, México

Tema:

**Ensayo de Flexión Circular (EFC)
para el estudio de resistencia al
agrietamiento en mezclas asfálticas**



Valeria Montserrat Mora
Gutiérrez
xx de agosto 2025



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

@AMAACmx

<http://www.amaac.org.mx>



Tema: Coautores



Pedro Limón
Covarrubias



José Roberto
Galaviz González

xx de agosto 2025

Ensayo de Flexión Circular (EFC) para el estudio de resistencia al agrietamiento en mezclas asfálticas

Valeria Montserrat Mora Gutiérrez



XIII Congreso Mexicano del Asfalto. 20, 21y 22 de agosto de 2025, Cancún, Quintana Roo, México

CONTENIDOS



01

Introducción

02

Ensayo de Flexión Circular (EFC)

03

Metodología

04

Materiales y desarrollo

05

Resultados

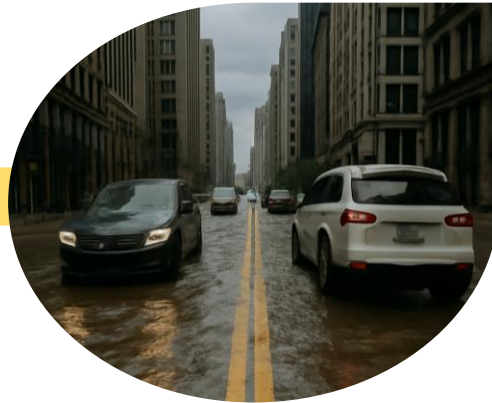
06

Conclusiones



Introducción

Un desafío crucial para los pavimentos flexibles es garantizar que las mezclas asfálticas conserven su integridad estructural



Introducción

- Ante el agrietamiento, es fundamental caracterizar la resistencia de las mezclas asfálticas utilizando parámetros de mecánica de fractura

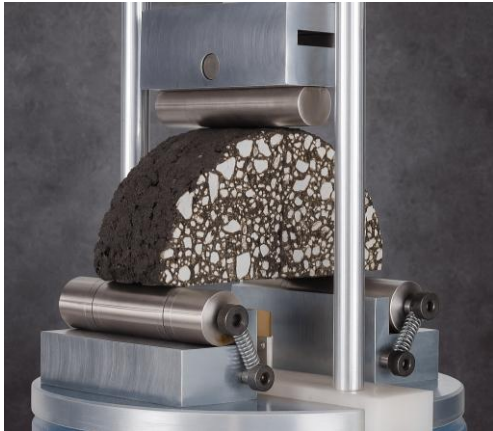


ENERGÍA DE
FRACTURA

FACTOR DE INTENSIDAD
DE TENSIONES

Introducción

Se han desarrollado diversos ensayos para evaluar el agrietamiento en mezclas asfálticas entre ellos el *Semi-Circular Bending Test*, el *Overlay Texas Test*, entre otros. En este estudio se introduce el **Ensayo de Flexión Circular (EFC)**, que permite una caracterización más integral del comportamiento de las mezclas frente a condiciones de carga reales



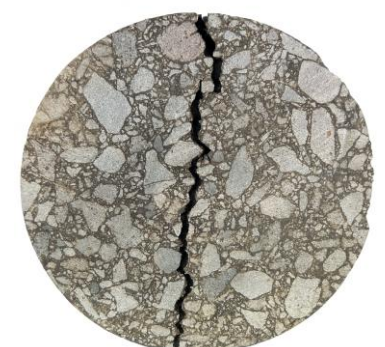
Semi-Circular Bending Test



Overlay Texas Test



Ensayo de Flexión Circular



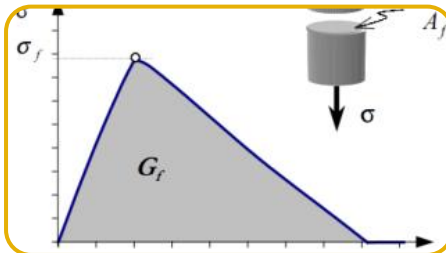
Ensayo de Flexión Circular



El EFC combina simultáneamente los modos de fractura I (apertura por tracción perpendicular) y II (deslizamiento).

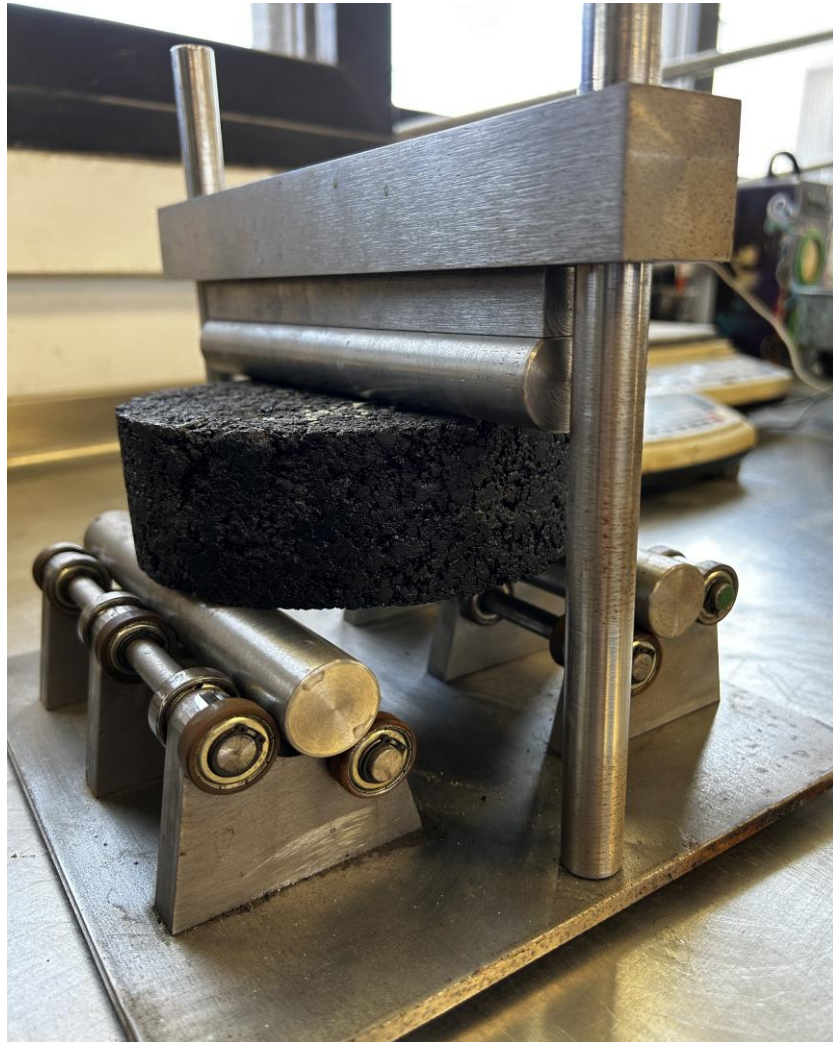


Su principal ventaja es su versatilidad y facilidad de aplicación, se pueden utilizar probetas fabricadas en laboratorio o núcleos extraídos en campo



Permite obtener parámetros clave como la resistencia máxima, la energía de fractura, tenacidad del material y el factor de intensidad de tensiones (K).

Ensayo de Flexión Circular

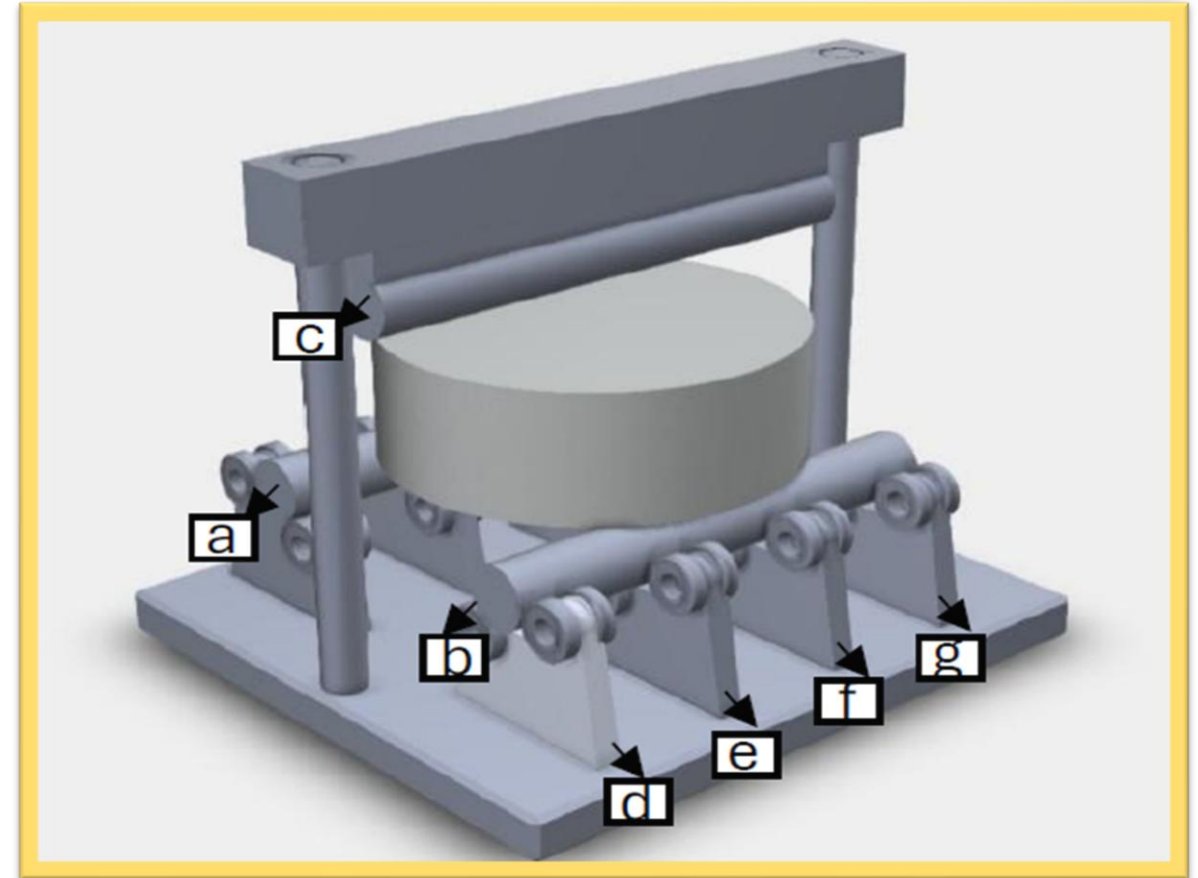


1. Diseñado para aplicar una **carga vertical controlada** sobre especímenes cilíndricos de mezcla asfáltica, este sistema experimental reproduce con alta precisión las **condiciones de flexotracción** que enfrentan los pavimentos bajo cargas vehiculares reales.
2. El dispositivo se monta sobre una base metálica plana, que funciona como plataforma de anclaje para todos sus componentes. Esta base permite, además, **la integración directa con una prensa universal** u otros sistemas de aplicación de carga vertical.
3. En la parte superior, se disponen dos conjuntos simétricos de apoyos múltiples con **rodillos móviles**, ubicados a ambos lados del espécimen.

Ensayo de Flexión Circular

En el centro, la probeta cilíndrica de mezcla asfáltica se coloca horizontalmente sobre los rodillos inferiores (a, b), alineada con el eje de carga y el rodillo superior (c). Este último se une a un cabezal móvil conectado a una barra transversal de acero, guiada verticalmente por dos columnas laterales.

La base se acopla a una máquina universal de ensayos e integra un sensor de desplazamiento LVDT en el cabezal de carga, que registra con precisión los movimientos verticales y permite obtener curvas carga-deformación.



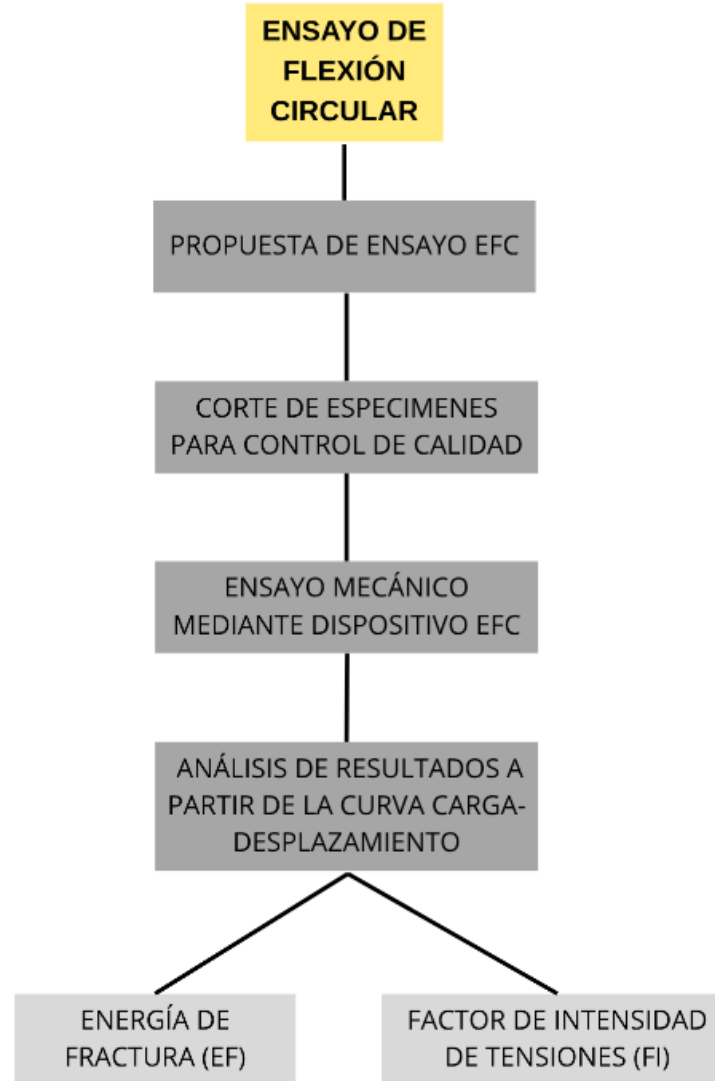
a,b= Barras laterales móviles (17.4 cm de longitud)
c= Barra superior anclada (17.4 cm de longitud)
d,e,f,g= apoyos equidistantes



Ensayo de Flexión Circular



Metodología experimental



Materiales y desarrollo

1. Preparación de especímenes



1



2



3



4

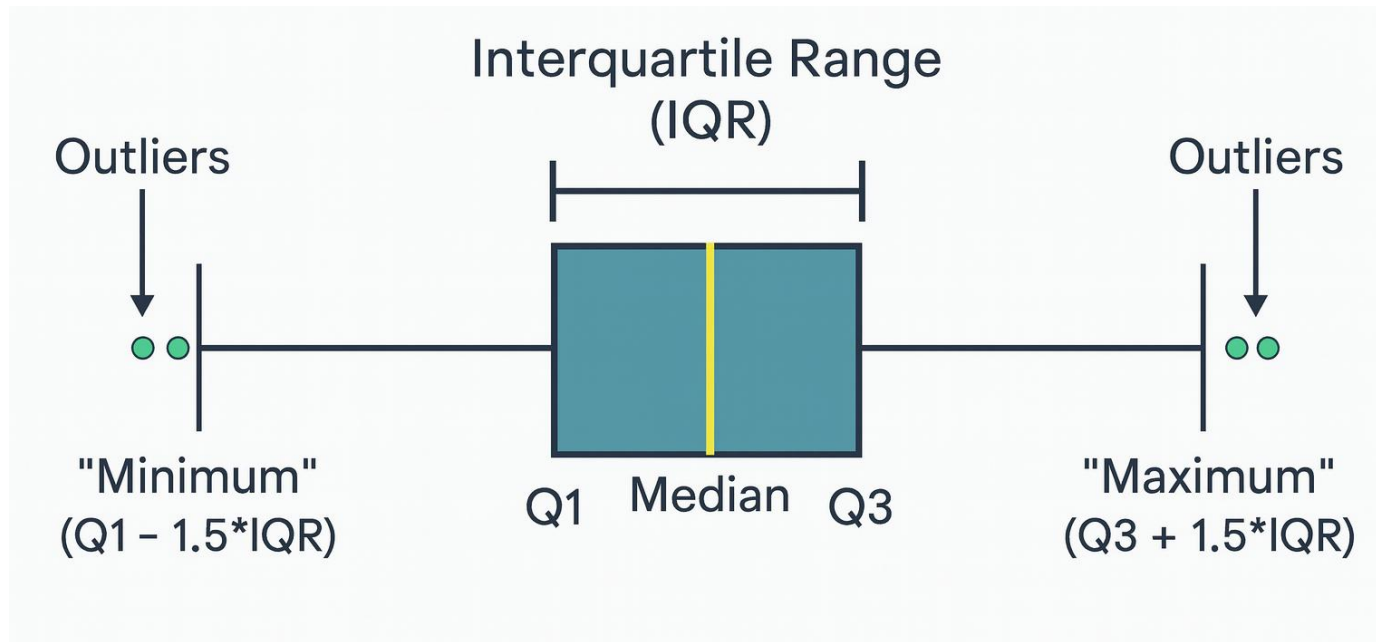
Materiales y desarrollo

Las probetas tienen dimensiones de 6 pulgadas de diámetro y 4 pulgadas de altura. Posteriormente, se realizan cortes para obtener especímenes de un espesor de 5 centímetros. Este espesor es el propuesto por el protocolo del Ensayo de flexión circular, y permite realizar la evaluación por duplicado, mejorando la confiabilidad de los resultados mediante la comparación entre réplicas.



Resultados

Se presentan los resultados de 240 muestras ensayadas, obteniéndose parámetros como energía de fractura (Gf) y factor de intensidad de tensiones (FI). El análisis se complementa con un Box Plot, que muestra la dispersión, posibles valores atípicos y cinco estadísticos clave: mínimo, primer cuartil (Q1, 25 %), mediana (Q2, 50 %), tercer cuartil (Q3, 75 %) y máximo.

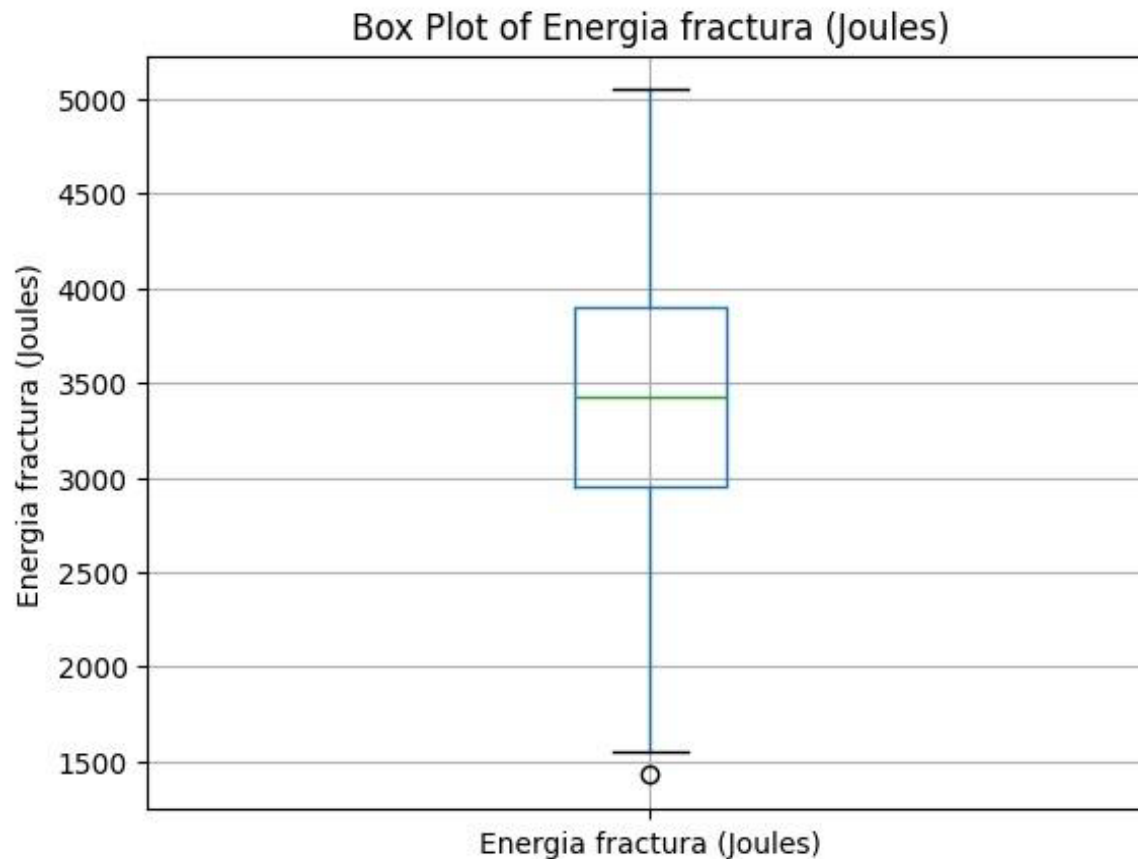


1. Energía de Fractura

Muestras	Media	Std	Min	25%	50%	75%	Máx
240	3411.3	727.5	1427.54	2948.7	3426.44	3894.5	5047.2

El valor promedio registrado fue de 3,411.3 J, lo que refleja una adecuada capacidad general de las mezclas para disipar energía antes de la fractura. La desviación estándar, de 727.5 J, indica una variabilidad moderada entre los especímenes.

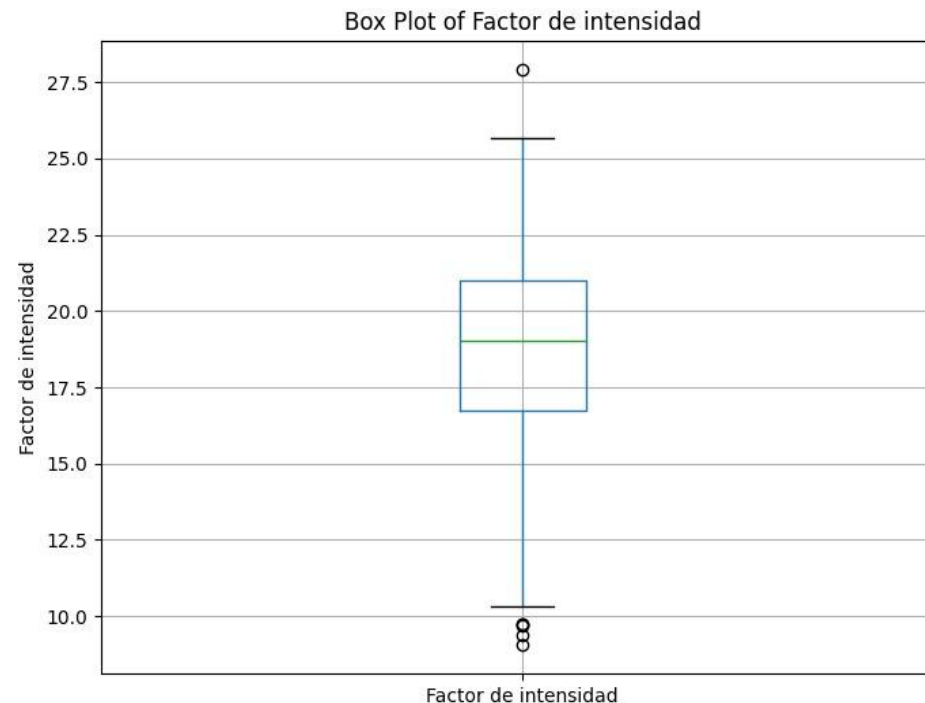
Resultados



Los datos reflejan una **distribución equilibrada**, aunque se detectaron algunos valores irregulares en el extremo inferior. Este patrón indica que, en términos generales, **las mezclas analizadas presentan una adecuada capacidad para absorber energía previa a la fisura**. No obstante, la existencia de especímenes con desempeño reducido podría estar asociada a fallas en la compactación, entre otras

2. Factor de Intensidad de Tensiones

Muestras	Media	Std	Min	25%	50%	75%	Máx
240	18.7	3.4	9.0	16.7	19.0	21.0	27.9



El rango intercuartílico (IQR), comprendido entre 16.71 y 21.02, concentra la mayor parte de los valores obtenidos para el Factor de Intensidad de Tensiones (FI). Este intervalo refleja el comportamiento típico de las mezclas en cuanto a su resistencia al inicio de la fractura. No obstante, los valores extremos, que oscilan entre un mínimo de 9.05 y un máximo de 27.9, ponen de manifiesto una **amplitud considerable en la dispersión de los datos.**

Se detectan varios valores atípicos fuera de los límites del IQR, tanto por debajo como por encima, lo cual sugiere que no todas las mezclas presentan un comportamiento homogéneo frente a la concentración de esfuerzos en la punta de una grieta.

- El **Ensayo de Flexión Circular (EFC)** es una alternativa innovadora y eficaz para caracterizar la resistencia al agrietamiento en mezclas asfálticas, ya que evalúa de manera combinada los modos de fractura I y II, simulando con mayor realismo las condiciones de carga que experimentan los pavimentos.
- Su **versatilidad** permite aplicarlo tanto a especímenes moldeados en laboratorio como a núcleos extraídos de campo, lo que amplía su utilidad en contextos experimentales y de control de calidad.

Conclusiones

- Los resultados muestran que el **75 % de las muestras** presentaron una **energía de fractura (Gf)** superior a 2,948.69 J, evidenciando una buena resistencia a la propagación de fisuras.
- El **factor de intensidad de tensiones** registró una media de 18.71 y una mediana de 19.04, lo que refleja un desempeño estructural consistente frente a concentraciones de esfuerzo.
- Aproximadamente el **80 % de las mezclas** se ubicaron dentro de rangos considerados satisfactorios en otros estudios (2,500–4,500 J para Gf y 15–23 para FI), lo que respalda la calidad del diseño aplicado, aunque aún no se han definido rangos estandarizados.

- Se detectó un pequeño porcentaje de resultados por debajo de lo esperado (**5 % en Gf** y **2.5 % en FI**), posiblemente relacionados con fallas de compactación o ejecución de la prueba
- La relación observada entre EF y FI constituye una **base sólida para el desarrollo de modelos predictivos** que permitan estimar la vida útil de pavimentos flexibles.

Líneas futuras de investigación

- 1- Análisis de mezclas asfálticas con RAP
- 2- Establecer los valores requeridos de factor de G_f y K
- 3- Correlacionar valores obtenidos con mediciones de agrietamiento en carpetas asfálticas
- 4- Ensayo de apoyo en el control de calidad



¡ muchas gracias!

Ponente: Valeria Montserrat Mora Gutiérrez

Contacto: valeriamora1498@gmail.com

